

PERANCANGAN SISTEM RUMAH SAKIT HEMAT ENERGI

DESIGN OF ENERGY EFFICIENT HOSPITAL SYSTEM

Yunita Anggraini¹, Dr. Ery Djunaedy, S.T., M.Sc.², M. Saladin Prawirasasra, S.T., M.T.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
Bandung

¹yuvun.nita@gmail.com, ²ervdjunaedy@gmail.com, ³prawirasasra.bibin@gmail.com

Abstrak

Rumah sakit merupakan sebuah bangunan yang dalam perancangan dan pembangunannya harus mengikuti standar ketentuan yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Namun pada kenyataannya masih banyak rumah sakit di Indonesia yang beroperasi belum memenuhi standar persyaratan yang berlaku. Rumah sakit memiliki tingkat konsumsi energi yang terbilang tinggi, hal ini dikarenakan pelayanan yang tersedia selama 24 jam dalam 7 hari, peralatan medis, persyaratan untuk udara bersih, dan pengendalian penyakit yang secara terus menerus dilakukan. Oleh karenanya dengan tuntutan operasional yang demikian dibutuhkan perancangan dan pembangunan yang baik agar energi yang dikonsumsi tidak berlebihan. Maka dari itu, dilakukan penelitian pada proyek pembangunan rumah sakit yang sedang berlangsung, yaitu Rumah Sakit Salman Hospital (RSSH). Pada penelitian ini akan dilakukan pemodelan dan perancangan sistem rumah sakit menggunakan perangkat lunak *SketchUp*, *OpenStudio* dan *EnergyPlus* yang mengacu pada ketentuan yang berlaku guna mendapatkan nilai intensitas konsumsi energi (IKE) yang *presentable* serta untuk mengetahui nominal biaya yang dibutuhkan supaya sistem rumah sakit dapat ditingkatkan dan memenuhi peraturan pemerintah yang sudah ditetapkan. Pada penelitian ini dilakukan 3 studi kasus dengan 3 skenario masukan sistem yang berbeda. Skenario 1 Gedung RSSH dengan kondisi pendefinisian masukan sistem *Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC)* yaitu menggunakan *Variable Refrigerant Flow (VRF)* tetapi tidak menggunakan *Dedicated Outdoor Air System (DOAS)* dan tidak menggunakan *Fresh Air*. Skenario 2 Gedung RSSH dengan kondisi pendefinisian masukan sistem *Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC)* yaitu menggunakan *Variable Refrigerant Flow (VRF)* tetapi tidak menggunakan *Dedicated Outdoor Air System (DOAS)* dan menggunakan *Fresh Air*. Skenario 3 Gedung RSSH dengan kondisi pendefinisian masukan sistem *Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC)* yaitu menggunakan *Variable Refrigerant Flow (VRF)* dan menggunakan *Dedicated Outdoor Air System (DOAS)* juga menggunakan *Fresh Air*. Hasil penelitian menunjukkan pada model bangunan dengan skenario 1 menghasilkan IKE sebesar 123.219 kWh/m²/tahun, skenario 2 menghasilkan IKE sebesar 127.755 kWh/m²/tahun, dan pada skenario 3 menghasilkan IKE sebesar 212.136 kWh/m²/tahun. Dapat dilihat bahwa pengkondisian udara dengan masukan sistem VRF menghasilkan nilai tingkat konsumsi energi yang paling rendah.

Kata kunci : IKE, HVAC, VRF, DOAS

Abstract

A hospital is a building that in its design and construction must follow the standards set by the government. But in reality, there are still many hospitals in Indonesia that have not meet the applicable standard requirements. Hospitals have a high level of energy consumption, this is because the services are available for 24 hours in 7 days, medical equipments, requirements for clean air, and disease control are continuously carried out. Therefore, with such operational demands, good design and development are needed so that the energy consumed is not excessive. With this case research was carried out on an ongoing hospital development project, Rumah Sakit Salman Hospital (RSSH). In this study, hospital system modeling and design will be made using open source software *SketchUp*, *OpenStudio* and *EnergyPlus*, it will be carried out which refers to the applicable provisions in order to obtain a *presentable Energy Use Index (EUI)* and to determine the cost needed so that the hospital system can be improved and comply with the government regulations that have been set. In this study, 3 cases studies were conducted with 3 different system input scenarios. Scenario 1 is the RSSH building with input definition for *Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC)* systems using *Variable Refrigerant Flow (VRF)* but not using *Dedicated Outdoor Air Systems (DOAS)* and not using *Fresh Air*. Scenario 2 is the RSSH building with input definition for *Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC)* systems using *Variable Refrigerant Flow (VRF)* and *Fresh Air* but not using *Dedicated Outdoor Air Systems (DOAS)*. Scenario 3 is the RSSH building with input definition for *Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC)* systems using *Variable Refrigerant Flow (VRF)* and using *Dedicated Outdoor Air Systems (DOAS)* also using *Fresh Air*. The results of the study show that the building model with scenario 1 produces EUI at

123.219 kWh/m²/year, scenario 2 produces IKE at 127.755 kWh / m² / year, and in scenario 3 produces IKE at 212.136 kWh / m² / year. It can be seen that, air conditioning with input of VRF systems produces the lowest Energy Use Index (EUI).

Key Words: *EUI, HVAC, VFR, DOAS*

1. Pendahuluan

Rumah sakit adalah institusi pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan kesehatan perorangan secara paripurna yang menyediakan pelayanan rawat inap, rawat jalan, dan gawat darurat. Karena rumah sakit merupakan sebuah bangunan, maka dalam perancangan dan pembangunannya rumah sakit harus mengikuti standar ketentuan yang telah ditetapkan oleh pemerintah disesuaikan dengan jenis, tujuan dan fungsi khusus sebagai rumah sakit. Namun pada kenyataannya masih banyak rumah sakit di Indonesia yang beroperasi belum memenuhi standar persyaratan yang berlaku.

Rumah sakit memiliki tingkat konsumsi energi yang terbilang tinggi, hal ini di karenakan pelayanan yang tersedia selama 24 jam dalam 7 hari, peralatan medis, persyaratan untuk udara bersih, dan pengendalian penyakit yang secara terus menerus dilakukan. Oleh karenanya dengan tuntutan operasional yang demikian dibutuhkan perancangan dan pembangunan yang baik agar energi yang dikonsumsi tidak berlebihan.

Maka dari itu, pada penelitian kali ini penulis melakukan penelitian pada proyek pembangunan rumah sakit yang sedang berlangsung, yaitu Rumah Sakit Salman *Hospital (RSSH)*. Pada penelitian ini akan dilakukan pemodelan dan perancangan sistem rumah sakit yang mengacu pada ketentuan yang berlaku guna mendapatkan nilai intensitas konsumsi energi (IKE) yang *presentable* dan tidak melebihi target besarnya nilai IKE untuk bangunan rumah sakit di Indonesia yang dikeluarkan oleh Direktorat Pengembangan Energi pada tahun 1992. Dan juga untuk mengetahui nominal biaya yang dibutuhkan supaya sistem rumah sakit dapat ditingkatkan dan memenuhi peraturan pemerintah yang sudah ditetapkan. Nilai IKE dan nominal biaya yang didapatkan pada penelitian ini dapat dijadikan sebagai *benchmark* untuk perancangan dan pembangunan gedung rumah sakit pada masa yang akan datang [1,3].

2. Dasar Teori

2.1 Intensitas Konsumsi Energi

Dengan tidak adanya standar atau *benchmark*, akan sulit untuk membandingkan penggunaan energi antara bangunan atau gedung. Penggunaan indikator Intensitas Konsumsi Energi (IKE) menyediakan sarana penyetaraan penggunaan energi yang akan dibandingkan dengan berbagai jenis bangunan, dan mengevaluasi cara mengurangi konsumsi energi secara keseluruhan. Saat menggunakan IKE, penggunaan energi dinyatakan sebagai fungsi dari energi total area bangunan. IKE dihitung dengan membagi total energi kotor yang dikonsumsi dalam periode satu tahun (dinyatakan dalam kWh/m² per tahun) dengan jumlah luas kotor bangunan.

$$IKE = \frac{\text{Pemakaian Energi Listrik per Tahun (kWh per Tahun)}}{\text{Luas Total Bangunan (m}^2\text{)}}$$

Nilai IKE dapat sangat bervariasi tergantung pada tipe bangunannya. Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh ASEAN-USAID pada tahun 1987 yang laporannya baru dikeluarkan pada tahun 1992, target besarnya IKE untuk Indonesia adalah sebagai berikut:

(Direktorat Pengembangan Energi)

1. IKE untuk perkantoran (komersil) : 240 kWh/m² per tahun
2. IKE untuk pusat perbelanjaan : 330 kWh/m² per tahun
3. IKE untuk hotel atau apartemen : 300 kWh/m² per tahun
4. IKE untuk rumah sakit : 380 kWh/m² per tahun

Dan menurut pedoman pelaksanaan konservasi energi listrik dan pengawasannya di Lingkungan Departemen Pendidikan Nasional (Teknik Audit Energi Diknas: 2006) dalam menentukan prestasi penghematan energi, untuk gedung kantor dan bangunan gedung komersil dapat mengacu kepada standar nilai IKE yang diperlihatkan sebagai berikut:

- Untuk Gedung Ber-AC:
 - Sangat efisien = (4,17 – 7,92) kWh/m² /bulan
 - Efisien = (7,92 – 12,08) kWh/m² /bulan
 - Cukup efisien = (12,08 – 14,58) kWh/m² /bulan

- Agak boros = $(14,58 - 19,17) \text{ kWh/m}^2/\text{bulan}$
- Boros = $(19,17 - 23,75) \text{ kWh/m}^2/\text{bulan}$
- Sangat boros = $(23,75 - 37,5) \text{ kWh/m}^2/\text{bulan}$
- Untuk Gedung Tidak Ber-AC:
 - Efisien = $(0,84 - 1,67) \text{ kWh/m}^2/\text{bulan}$
 - Cukup efisien = $(1,67 - 2,5) \text{ kWh/m}^2/\text{bulan}$
 - Boros = $(2,5 - 3,34) \text{ kWh/m}^2/\text{bulan}$
 - Sangat boros = $(3,34 - 4,17) \text{ kWh/m}^2/\text{bulan}$

Iklim dapat memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai IKE, karena variasi biaya pemanasan dan pendinginan diantara wilayah negara berbeda-beda. Oleh karena itu, nilai IKE dapat dibagi berdasarkan wilayahnya untuk mendapatkan nilai perbandingan dari jenis gedung yang terpilih lebih akurat. Dan sebagian besar penggunaan energi di ruang gedung terdiri dari pemanasan, *Air Conditioning (AC)*, dan pencahayaan, mendapatkan efisiensi konsumsi energi dari ketiga area ini dapat menghasilkan penghematan biaya yang signifikan [2,3,4].

2.2 Literatur Acuan

Literatur yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2016 Tentang Persyaratan Teknik Bangunan Dan Prasarana Rumah Sakit yang berisikan mengenai:
 - a. Persyaratan teknis bangunan gedung yang terdiri dari aspek tata bangunan dan keandalan bangunan
 - b. Aspek tata bangunan meliputi peruntukan dan intensitas bangunan, arsitektur bangunan dan pengendalian dampak lingkungan
 - c. Aspek keandalan bangunan terdiri dari persyaratan keselamatan, kesehatan, kenyamanan dan kemudahan sesuai dengan fungsi rumah sakit [5].
2. *ASHRAE Handbook – HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics*
Literatur ini digunakan untuk membantu melengkapi data masukan simulasi yang tidak tertera dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2016 [6].
3. 2014 *Building America House Simulation Protocols*
Literatur ini digunakan untuk membantu melengkapi data masukan simulasi yang tidak tertera dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2016 dan juga *ASHRAE Handbook – HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics*.

4. Pembahasan

3.1 Objek Penelitian



Gambar 3. 1 Facade Rumah Sakit Salman Hospital

Penelitian ini dilakukan pada bangunan Rumah Sakit Salman *Hospital* (RSSH) sebagai model yang akan digunakan untuk simulasi. Rumah Sakit Salman *Hospital* (RSSH) beralamatkan di BL. SAAR BEBREUM, RT.001, RW.05, Kelurahan Sekarwangi, Kecamatan Soreang, Kabupaten Bandung, Jawa Barat. Bangunan ini memiliki empat lantai dengan luas 4782.85 m² dan menghadap 35.74° dari utara.

3.2 Pembagian Zona Termal

Perancangan model bangunan dibuat sesuai dengan data rancangan yang diberikan. Yang harus diperhatikan dalam perancangan model adalah zona termal pada geometri. Zona termal dibagi berdasarkan kesamaan fungsi ruangan, orientasi ruangan dan kondisi udara ruangan. Zona termal pada bangunan RSSH dibagi secara mendetail pada setiap ruangan sesuai dengan denah ruangan yang ada pada data *site plan* yang diberikan.



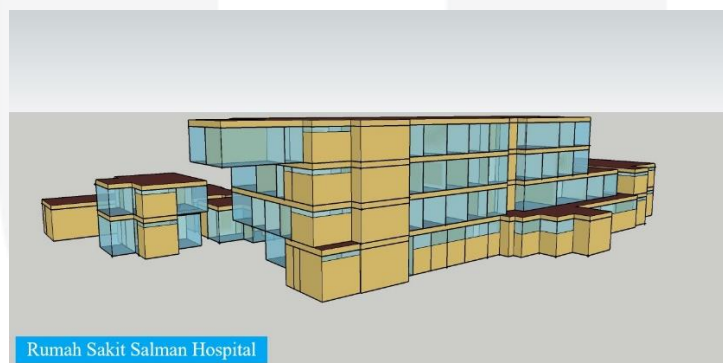
Gambar 3. 2 Denah Bangunan Rumah Sakit Salman Hospital

3.3 Pendefinisian Model

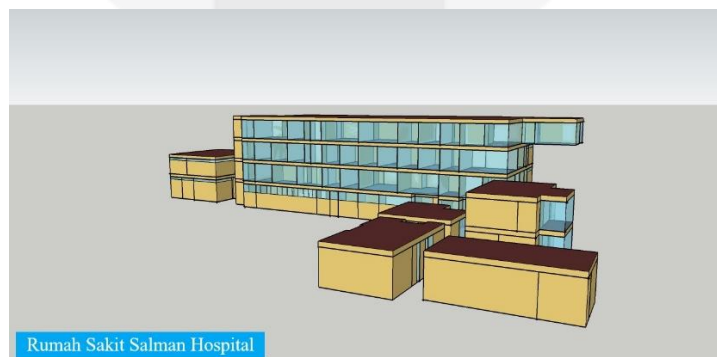
Pendefinisian model dilakukan pada setiap zona termal yang ada sesuai dengan kondisi bangunan RSSH. Untuk variable simulasi dapat didefinisikan melalui perangkat lunak *OpenStudio* ataupun *EnergyPlus*. Variabel yang didefinisikan adalah sebagai berikut:

1. Lokasi dan Posisi Bangunan

Lokasi bangunan yang sesuai dengan koordinat pada peta yaitu pada 7.01° lintang selatan dan 107.32° bujur timur atau 35.74° dari sumbu utara.



Gambar 3.3 Geometri bangunan Rumah Sakit Salman Hospital



Gambar 3.4 Geometri bangunan Rumah Sakit Salman Hospital

2. Data Konstruksi

Pada model yang dibuat didefinisikan data konstruksi yang akan digunakan untuk setiap permukaan bangunan. Data yang dimasukkan disesuaikan dengan keadaan bangunan yang sebenarnya. Tetapi pada

bangunan RSSH ini masih menggunakan masukan data konstruksi yang sesuai dengan data *default* dari *OpenStudio* sesuai dengan ketentuan dari *ASHRAE* 189.1-2009 untuk bangunan rumah sakit.

3. Data Cuaca

Data cuaca bangunan yang digunakan disesuaikan dengan lokasi bangunan yang dimodelkan yaitu Kota Bandung. Data cuaca yang dipakai didapatkan dari Bandara Husein Sastra Negara.

4. Skedul Kegiatan dan Operasional Bangunan

Skedul kegiatan dan operasional bangunan yang perlu diperhatikan adalah skedul penggunaan ruangan dan penggunaan alat elektronik yang ada pada setiap ruangan. Pada setiap ruangan pada bangunan RSSH memiliki skedul operasional yang berbeda. Untuk masukan skedul kegiatan dan operasional bangunan pada Gedung RSSH saat ini masih menggunakan data *default* yang terdapat pada perangkat lunak *OpenStudio* yang sesuai dengan ketentuan dari *ASHRAE* 189.1-2009 untuk bangunan rumah sakit sedangkan untuk masukan skedul alat elektronik yang digunakan pada bangunan RSSH dibuat berdasarkan data dari 2014 *Building America House Simulation Protocols*.

5. Pemasangan Alat Pengkondisian Udara

Alat pengkondisian udara yang digunakan pada model bangunan RSSH yaitu sistem pendingin *Variable Refrigerant Flow (VRF)* dan *Dedicated Outdoor Air System (DOAS)*. Sistem VRF didefinisikan masing-masing untuk setiap lantai serta khusus untuk ruangan operasi, maka terdapat 6 buah sistem VRF yaitu untuk 4 lantai bangunan dan 2 ruang operasi. Sedangkan untuk DOAS didefinisikan untuk seluruh bangunan serta khusus untuk ruangan operasi, maka terdapat 2 buah sistem DOAS untuk bangunan RSSH ini.

3.3 Hasil Simulasi dan Pembahasan

3.3.1 Pemodelan dengan Skenario 1

Konsumsi energi total Gedung RSSH dengan skenario 1 yaitu VRF System dengan tidak menggunakan *Dedicated Outdoor Air System (DOAS)* dan tidak menggunakan *Fresh Air* selama setahun sebesar 589341.6667 kWh dengan IKE (Intensitas Konsumsi Energi) sebesar 123.219 kWh/m²-tahun. Konsumsi energi untuk setiap fasilitas dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. 1 Nilai utility bangunan dalam satu tahun untuk skenario 1

	Electricity (kWh)	Natural Gas (kWh)
Heating	11.11	0
Cooling	124616.667	0
Interior Lighting	153586.11	0
Interior Equipment	276288.889	30505.5556
Fans	4336.11	0
Total End Use	558838.886	30505.5556

3.3.2 Pemodelan dengan Skenario 2

Konsumsi energi total Gedung RSSH dengan skenario 2 yaitu VRF system dengan tidak menggunakan *Dedicated Outdoor Air System (DOAS)* tetapi menggunakan *Fresh Air* selama setahun sebesar 611038.5556 kWh dengan IKE (Intensitas Konsumsi Energi) sebesar 127.755 kWh/m²-tahun. Konsumsi energi untuk setiap fasilitas dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. 2 Nilai utility bangunan dalam satu tahun untuk skenario 2

	Electricity (kWh)	Natural Gas (kWh)
Heating	11.11	0
Cooling	146138.89	0
Interior Lighting	153586.11	0
Interior Equipment	276288.889	30505.5556
Fans	4500	0
Total End Use	580524.999	30505.5556

3.3.3 Pemodelan dengan Skenario 3

Konsumsi energi total Gedung RSSH skenario 3 yaitu VRF system yang menggunakan *Dedicated Outdoor Air System (DOAS)* dan menggunakan *Fresh Air* selama setahun sebesar 1014497.222 kWh dengan IKE (Intensitas Konsumsi Energi) sebesar 212.136 kWh/m²-tahun. Konsumsi energi untuk setiap fasilitas dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. 3 Nilai utility bangunan dalam satu tahun untuk skenario 3

	Electricity (kWh)	Natural Gas (kWh)
Heating	80.55	0
Cooling	540036.11	0
Interior Lighting	153586.11	0
Interior Equipment	276288.889	30505.5556
Fans	14000	0
Total End Use	983991.659	30505.5556

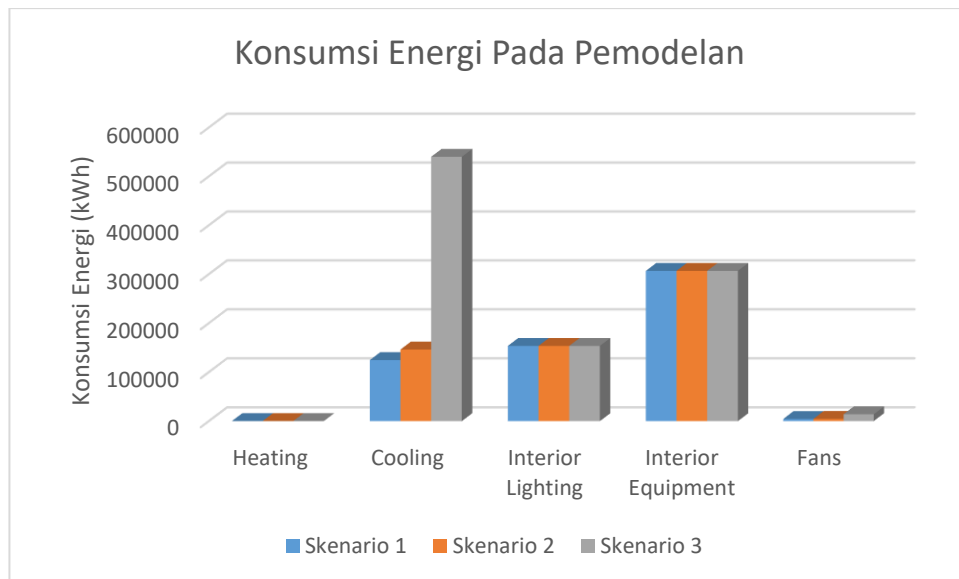
3.3.4 Konsumsi Energi Bangunan

IKE adalah referensi untuk melihat berapa banyak konservasi energi pada suatu bangunan. IKE juga sangat penting untuk diperhatikan dalam membuat rencana konservasi energi pada bangunan. Tabel berikut menunjukkan nilai IKE dari ketiga model.

Tabel 3. 4 Hasil perhitungan intensitas konsumsi energi

	Konsumsi Energi per Tahun	Konsumsi Energi per Bulan
Skenario 1	123.219 kWh/m ² -tahun	10.268 kWh/m ² -bulan
Skenario 2	127.755 kWh/m ² -tahun	10.646 kWh/m ² -bulan
Skenario 3	212.136 kWh/m ² -tahun	17.678 kWh/m ² -bulan

Diagram berikut ini menunjukkan penggunaan energi dari model yang diajukan. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan sistem HVAC yang berbeda berpengaruh kepada nilai konsumsi energi untuk *cooling* dan *fans* sedangkan untuk nilai konsumsi energi fasilitas yang lain tetap sama.



Gambar 3.5 Persentase konsumsi energi pada pemodelan gedung RSSH

Dari hasil simulasi yang dilakukan, didapatkan setiap model memiliki perbedaan nilai IKE yang cukup besar. Dimana bangunan RSSH yang menggunakan *VRF*, *DOAS* dan *Fresh Air* sebagai masukan untuk sistem *HVAC* memiliki nilai intensitas konsumsi energi (IKE) yang paling tinggi yaitu sebesar 212.136 kWh/m² per tahun, hal ini dapat dikarenakan beban pada sistem *HVAC* bertambah dengan adanya 3 variabel sistem yang berbeda dalam satu sistem membuat konsumsi energi pada beban *HVAC* bertambah. Sedangkan bangunan RSSH yang menggunakan *VRF* saja sebagai masukan untuk sistem *HVAC* memiliki nilai intensitas konsumsi (IKE) yang paling rendah yaitu sebesar 123.219 kWh/m² per tahun. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa *VRF* merupakan sistem *HVAC* yang lebih efisien dalam upaya menghemat konsumsi energi pada bangunan rumah sakit.

5. Kesimpulan

- Masukan sistem yang didefinisikan pada pemodelan gedung RSSH masih berdasarkan pada data *default* yang sesuai dengan *ASHRAE 189.1-2009* untuk bangunan rumah sakit.
- Hasil nilai IKE dari 3 simulasi yang dijalankan yaitu:
 - Skenario 1: 123.219 kWh/m²-tahun
 - Skenario 2: 127.755 kWh/m²-tahun
 - Skenario 3: 212.136 kWh/m²-tahun

Dimana ketiga nilai IKE tersebut masih dibawah besar target yang telah ditentukan oleh ASEAN-USAID yaitu sebesar **380 kWh/m² per tahun**.

- Hasil IKE per bulan dari ke 3 simulasi yang dijalankan yaitu:

- Skenario 1: 10.268 kWh/m²-bulan
- Skenario 2: 10.646 kWh/m²-bulan
- Skenario 3: 17.678 kWh/m²-bulan

Dimana berdasarkan **pedoman pelaksanaan konservasi energi listrik dan pengawasannya di Lingkungan Departemen Pendidikan Nasional (Teknik Audit Energi Diknas: 2006)** untuk gedung ber-AC, hasil IKE per bulan untuk skenario 1 terbilang **efisien**, dan untuk skenario 2 terbilang **efisien**, sedangkan untuk skenario 3 terbilang **agak boros**.

d. Dari hasil simulasi tersebut dapat diketahui bahwa menggunakan sistem VRF untuk pengkondisian udara pada bangunan rumah sakit akan meminimalisir tingkat konsumsi energi cukup besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. K. Indonesia, "UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 44 TAHUN 2009 TENTANG RUMAH SAKIT," 2009.
- [2] archtoolbox, "archtoolbox - Architect's Technical Reference," Arch Media Group LLC, [Online]. Available: <https://www.archtoolbox.com/sustainability/energy-use-intensity.html>. [Accessed 24 November 2017].
- [3] H. R. Hadiputra, "AUDIT ENERGI PADA BANGUNAN GEDUNG RUMAH SAKIT Dr. KARYADI SEMARANG," Semarang, 2017.
- [4] B. Mukhlis, "EVALUASI PENGGUNAAN LISTRIK PADA BANGUNAN GEDUNG DI LINGKUNGAN UNIVERSITAS TADULAKO," *Jurnal Ilmiah Foristek*, vol. 1, no. No. 1, 2011.
- [5] "PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 24 TAHUN 2016," Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2016.
- [6] A. T. C. "HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics Second Edition," W. Stephen Comstock, Atlanta, 2013.
- [7] "Google Maps," Google, [Online]. Available: <https://www.google.com/maps/place/RS+Salman+Hospital/@7.019468,107.5397063,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x2e68ec24346a1f49:0x807cd8deb619cb81!8m2!3d-7.019468!4d107.541895>.
- [8] O. Nguyen, "The Refrigeration School," 4 October 2016. [Online]. Available: <https://www.refrigerationschool.com/blog/hvacr/dedicated-outdoor-air-system/>. [Accessed 19 October 2018].
- [9] M. Macnamara, "HVACR Online," 8 November 2017. [Online]. Available: <https://www.refrigerationandaircon.co.za/index.php/features/air-conditioning/194-importance-of-fresh-air-in-hvac>. [Accessed 19 October 2018].